

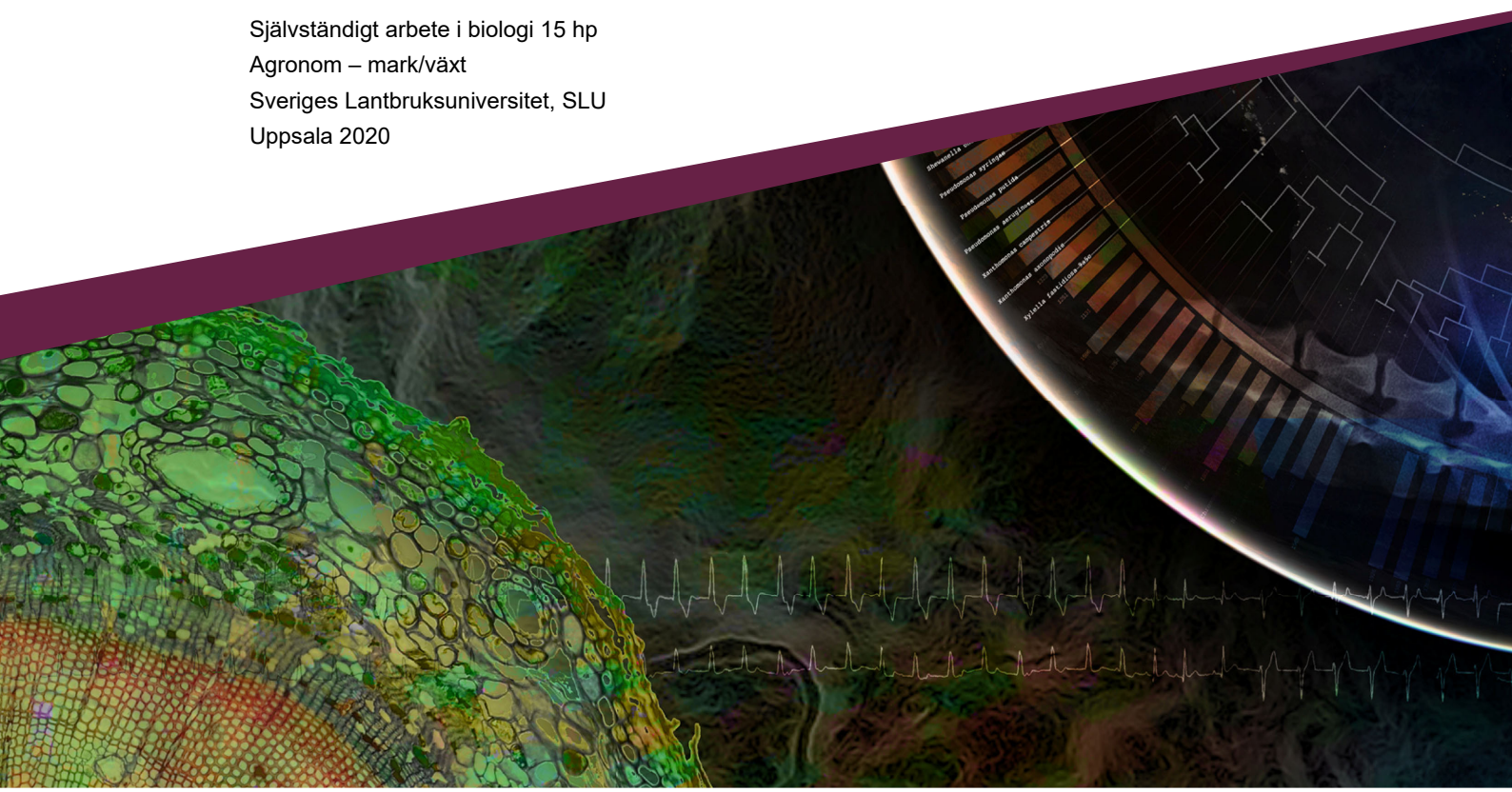


Problemet med rosa kärnor i malkorn

The problem with pink kernels in malting barley

Elin Almén

Självständigt arbete i biologi 15 hp
Agronom – mark/växt
Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU
Uppsala 2020



Problemet med rosa kärnor i malkorn

The problem with pink kernels in malting barley

Elin Almén

Handledare:	Hanna Friberg, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig mykologi och växtpatologi
Bitr. Handledare:	CG, Pettersson, Lantmännen Björn Andersson, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig mykologi och växtpatologi
Examinator:	Anna Berlin, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig mykologi och växtpatologi
Omfattning:	15 hp
Nivå och fördjupning:	Grundnivå, G2E
Kurstitel:	Självständigt arbete i biologi
Kurskod:	EX0894
Program/utbildning:	Agronom – Mark/växt
Kursansvarig institution:	Institutionen för skoglig mykologi och växtpatologi
Utgivningsort:	Uppsala
Utgivningsår:	2020
Nyckelord:	Rosa kärnor, Malkorn, Gushing, Hydrofobiner, ns-LTP, Fusarium spp.

Sammanfattning

Rosa kärnor används som en indikator för att överskumning, s.k gushing kommer att uppstå på ölbryggerier. För att analysera rosa kärnor görs en okulär analys. Denna har fått kritik för att inte vara tillförlitlig nog att identifiera partier som orsakar gushing.

Det här arbetet gjordes dels genom en litteraturstudie, dels genom en analys av data från en svensk spannmålshandlare (2013-2018) för att undersöka andelen underkända malkornspartier pga. rosa kärnor och för att se om det fanns årsvariationer av förekomsten av rosa kärnor eller skillnader i förekomsten mellan regioner i Sverige. Dataanalysen visade att rosa kärnor förekommer ungefär lika mycket i de regioner i Sverige som undersöktes. 2017 förekom det mest rosa kärnor och 2018 förekom det minst i alla regioner.

Gushing orsakas av proteinerna hydrofobiner och ns-LTP. Ns-LTP kommer från växter och hydrofobiner från Ascomyceter och Basidiomyceter. Det råder delade meningar om vilka svamparter som orsakar rosa kärnor i malkorn som leder till problem med gushing. Det kan till stor del vara kopplat till axfusarios som orsakas av *Fusarium spp.* och *Microdochium nivale* men det finns uppgifter om att det kan vara andra mikroorganismer som orsakar rosa kärnor och gushing. Det finns inte några tydliga rekommendationer kring åtgärder för att minimera förekomsten av rosa kärnor i fält mer än att förekomsten av rosa kärnor ökar vid sen tröskning. Är rosa kärnor till stor del orsakat av axfusarios finns det flera rekommendationer för att främst förebygga infektion i växande gröda.

Det behövs mer forskning och utveckling för att hitta orsaken till rosa kärnor och säkrare analyser som förutser gushing, om det finns svampar som producerar hydrofobiner som leder till kraftigare gushing, och om det finns metoder som kan användas under mältning för att minimera hydrofobinproduktionen, till exempel att tillsätta mikroorganismer.

Nyckelord: Rosa kärnor, Malkorn, Gushing, Hydrofobiner, ns-LTP, *Fusarium spp.*

Abstract

Pink kernels are used to indicate if a malting barley lot can cause gushing in the brewing industry. A visual assessment is used and has been criticized because the results are not always correct to identify gushing.

The present study is based on a literature survey and a data analysis from a Swedish grain trader (2013-2018). The data was analyzed by the rejected cereals lot caused by pink kernels, in relation to seasonal variations and differences between regions in Sweden. The data analysis showed that pink kernels were most common in 2017 and least common in 2018 in all regions. Pink kernels occurred in approximately the same amounts in all regions.

Gushing is caused by ns-LTP from plants and hydrophobins from Ascomycetes and Basidiomycetes. There are various opinions about which fungi that causes pink kernels and later the problem with gushing. It can be related to Fusarium head blight, caused by *Fusarium spp.* and *Microdochium nivale* but there are indications that other microorganisms can also cause pink kernels and gushing. There are no distinct recommendations to minimize pink kernels in the field, other than harvest in time as late harvest increase the presence of pink kernels. If pink kernels are caused by similar fungi and factors as fusarium head blight, there are recommendations to prevent infection in the crop.

More research and development is needed to find the cause of pink kernels and assure analyzing methods to previse gushing. Research is needed about fungi producing hydrophobins that makes heavier gushing and if microorganisms can be used to decrease the synthesis of hydrophobins in the brewing industry.

Keywords: Pink kernels, Malting barley, Gushing, Hydrophobins, ns-LTP, *Fusarium spp.*

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	7
Förkortningar	8
1. Inledning.....	9
1.1. Syfte.....	10
1.2. Avgränsning.....	10
2. Material och metod.....	11
3. Ölbryggning	12
4. Gushing	13
4.1. Gushing i öltillverkning.....	13
4.2. Hydrofobiner	13
4.3. ns-LTP	14
4.4. Metoder att förutse gushing på bryggeriet.....	14
4.5. Kopplingen mellan DON-halten och gushing	15
5. Rosa kärnor.....	16
5.1. Okulär analys av rosa kärnor.....	16
5.2. Kopplingen mellan <i>Fusarium spp.</i> och gushing.....	17
5.2.1. Axfusarios livscykel.....	17
5.2.2. Kritik av okulär analys av rosa kärnor.....	18
6. Resultat från en svensk spannmålshandlare	20
7. Åtgärder.....	22
7.1. Åtgärder för lantbrukare att minimera förekomsten av rosa kärnor i fält.....	22
7.1.1. Åtgärder för att minimera axfusarioser i fält.....	22
7.1.2. Tröskning	22
7.1.3. Lagringsförhållanden	23
7.2. Åtgärder i bryggeriet för att minimera risken för gushing	24
8. Diskussion.....	25
8.1. Gushing	25

8.2.	Koppling mellan rosa kärnor och gushing samt analysmetoder av rosa kärnor	26
8.3.	Vilka regioner i Sverige är särskilt påverkade av rosa kärnor och årsvariationer?	27
8.4.	Vilka fältförhållanden eller odlingsmetoder påverkar förekomsten av rosa kärnor och vilka är de bakomliggande biologiska förklaringarna?	28
8.5.	Inom vilka områden behövs det mer forskning och utvecklingsarbete?	29
9.	Slutsats	30
	Referenser	31
	Tack	35
	Appendix	36

Tabellförteckning

Tabell 1: Andel underkända malkornspartier i alla regioner	20
Tabell 2: Andel underkända malkornspartier i södra Sverige	20
Tabell 3: Andel underkända malkornspartier i västra Sverige.	21
Tabell 4: Andel underkända malkornspartier i östra Sverige.	21
Tabell 5: Andel underkända malkornspartier i Mälardalsregionen	21
Tabell 6: Samlade resultat av data från en svensk spannmålshandlares malkornspartiter från södra Sverige.....	36
Tabell 7: Samlade resultat av data från en svensk spannmålshandlares malkornspartiter från västra Sverige.....	36
Tabell 8: Samlade resultat av data från en svensk spannmålshandlares malkornspartiter från östra Sverige	37
Tabell 9: Sammanställning av data från en svensk spannmålshandlares malkornspartiter från Mälardalsregionen	37
Tabell 10: Sammanställning av data från en svensk spannmålshandlares malkornspartiter från alla regioner	38

Förkortningar

DON	Deoxynivalenol (mykotoxin)
ELISA	Enzymkopplad immunadsorberande analys
ENN	Enniatin (mykotoxin)
Gushing	Överskumning, till exempel av öl under ölbryggningen
LAMP	Loop-Mediated Isothermal Amplification (DNA-baserad diagnostikmetod)
ns-LTP	Non-specific lipid transfer protein (små växtproducerade proteiner)
PCR	Polymeraskedjereaktion
ZEA	Zearalenon (mykotoxin)

1. Inledning

Ölliknande drycker började tillverkas redan för 7000 år sedan (Sveriges bryggerier, 2020). Öl bryggs ofta på malkorn och dessa måste uppfylla en rad kvalitetskrav för att bli godkänd för ölbryggning (Geißinger *et al.* 2017; Mastanjević *et al.* 2018). Ett kvalitetskrav är att malkornspartiet inte får innehålla för många rosa kärnor. Rosa kärnor sägs ha en koppling till kraftig överskumning, sk. gushing på ölbryggerier. Därför vill spannmålshandlare undvika att köpa in malkornspartier som innehåller för många rosa kärnor. Detta kontrolleras genom en okulär analys av ett stickprov av malkornspartiet. Stickprovet får inte innehålla mer än 0,1 % rosa kärnor för att bli godkänt (Jonsson, 2017). Visar det sig att stickprovet innehåller för högt antal rosa kärnor blir malkornspartiet underkänt vilket reducerar priset på malkornspartiet. Detta påverkar den enskilda lantbrukaren negativt i ett ekonomiskt perspektiv. Förekomsten av rosa kärnor upplevs ha ökat och det tycks förekomma slumpartat i fält från år till år. Mälardalsregionen upplevs vara särskilt drabbad. Många forskare och branschen menar att det är *axfusarios* orsakat av *Fusarium spp.* och *Michrodochium nivale* (Christian *et al.* 2011; Virkajärvi *et al.* 2017) som orsakar de rosa kärnorna (Geißinger *et al.* 2017), men andra menar att det kan vara andra mikroorganismer som orsakar rosa kärnor. Det finns begränsad information att ta del av kring rosa kärnor samt vad man ska åtgärda problemet för att undvika att rosa kärnor uppkommer i fält.

Bryggerier vill inte ta emot malkornspartier med för hög andel rosa kärnor då de har en koppling till gushing under ölbryggningen, detta gör att ölsatser går förlorade vilket påverkar bryggeriet negativt ur ett ekonomiskt perspektiv. Man vet att det är små proteiner, hydrofobiner (från vissa svampar) som orsakar gushing. Det är också omdiskuterat om proteinet ns-LTP (från växter) orsakar gushing. Det är också omdiskuterat vilka hydrofobiner som påverkar gushing och om *Fusarium spp.* orsakar kraftigare gushing. Okulär analys av rosa kärnor är den analys som görs före malkornen köps in för att veta att malkornen är av god qualité. Men den okulära analysen av rosa kärnor har också fått kritik att vara en ej tillförlitlig analys för gushing då kärnor som ej är rosa har visat sig orsaka gushing (Christian *et al.* 2011).

1.1. Syfte

Detta arbete genomfördes då det finns för lite information om problemet med rosa kärnor i malkorn. Det upplevs att problemet har ökat på senare år och det råder brist på information om vad lantbrukare kan göra för att förhindra uppkomst av rosa kärnor i fält. Det råder också osäkerheter kring hur säker den okulära analysen av rosa malkornskärnor är med koppling till gushing på bryggeriet.

Syftet med arbetet var att genom en litteraturstudie och analys av kvalitetsdata av malkornsinköp från en svensk spannmålshandlare undersöka följande frågeställningar:

- Vad orsakar gushing?
- Vilken koppling finns det mellan rosa kärnor och gushing?
- Vilka metoder används för att bedöma rosa kärnor?
- Vilka regioner i Sverige är särskilt påverkade av rosa kärnor och dess årsvariationer?
- Vilka fältförhållanden eller odlingsmetoder påverkar förekomsten av rosa kärnor och vilka är de bakomliggande biologiska förklaringarna?
- Inom vilka områden behövs det mer forskning och utvecklingsarbete?

1.2. Avgränsning

Arbetet är avgränsat enligt följande:

- Arbetet undersöker bara hur malkorn påverkas av rosa kärnor och inte andra spannmål eller livsmedel som används i ölbryggning.
- Gushing som uppstår i andra drycker än öl har inte studerats.
- Arbetet har inte behandlat hur gushing uppstår på molekylär nivå.
- Arbetet har fokuserat på att undersöka primär gushing, inte sekundär gushing.
- Arbetet har inte behandlat andra kvalitetsparametrar i malkorn.

2. Material och metod

För att besvara frågeställningarna som det här arbetet har genomfördes en litteraturundersökning. Vetenskapliga artiklar som användes hittades genom Google Scholars söktjänst och SLU-bibliotekets söktjänst Primo. I dessa databaser användes följande söktermer i kombinerande former:

- Red kernels malt barley
- Pink grains malt barley
- Fusarium spp. and gushing
- Mycoflora on malt barley
- Gushing malting barley

Därutöver genomfördes en analys av kvalitetsdata från malkornsinköp från en svensk spannmålshandlare. Data var från åren 2013-2018 från södra, västra, östra och Mälardalsregionen i Sverige. I denna del av arbetet undersöktes andelen underkända malkornspartier (pga. rosa kärnor) från spannmålshandlaren spannmålsmottagningar i Sverige, medelvärde rosa kärnor från de underkända partierna och medelvärde av rosa kärnor från alla partier malkorn. Genom detta har slutsatser dragits kring årsvariationer och regioner särskilt drabbade av rosa kärnor i Sverige.

Jag har också diskuterat ämnet med representanter från spannmålshandlaren och ställt frågor, samt sökt information från Jordbruksverket, Hushållningssällskapen och Lantmännen.

3. Ölbryggning

Öl bryggs ofta på malkorn. Ölbryggning delas in i två faser – mältningen och bryggningen. Först ska malkornen mältas. Det görs genom att malkornen läggs i blöt för att få fukt, vilket kallas stöpning. Efter stöpningen ska malkornen gro, detta steg kallas groningen. Syftet med detta är att malkornen ska bilda enzymer som senare omvandlar stärkelse till enklare sockerarter. Nästa steg är kölning, som innebär att malkornen får torka när de grott tillräckligt. Mältningen är klar och malt har bildats. Sedan ska ölet bryggas. De torkade malkornen krossas och blandas med varmt vatten vilket kallas mäsning. Stärkelsen i kärnorna omvandlas till sockerarter genom enzymatiska processer. Vätskan som bildas kallas vört. Vörten silas sedan från malkornskrossen. Vörten kokas och det tillsätts diverse smaktillsättare, vanligen humle. Sedan silas smaktillsättare bort och vörten kyls. Det tillsätts en jästkultur och vörten får jäsa vilket bildar ölen. Ölet filtreras för att ta bort rester från jäsningsen. Sedan pastöriseras ölsatsen och tappas på flaska eller annan behållare (Sveriges bryggerier, 2020).

4. Gushing

4.1. Gushing i öltillverkning

Gushing är en explosiv överskumning som uppstår när ölbryggningsskärnen eller ölfaskor öppnas upp, vilket leder till att satsen med öl blir förstörd. Detta leder i slutändan till ekonomiska förluster för bryggeriet. Problematiken med gushing började rapporteras i början av 1900-talet och problemet har ökat under 2000-talet. Gushing delas in i primär och sekundär gushing (Virkajärvi *et al.* 2017).

Primär gushing är orsakad av svampmetaboliter (hydrofobiner) som kontaminerat malkornen. Det anses att dessa vanligen kommer från *Fusarium spp.*, men även *Aspergillus spp.*, *Nigrospora spp.*, *Penicillium spp.*, *Stemphylium spp.* (Virkajärvi *et al.* 2017). Primär gushing anses också orsakas av ett protein från växter: ns-LTP (Hippeli & Elstner 2002).

Sekundär gushing har ingenting att göra med de råvaror ölet bryggs av, utan orsakas av smutsiga kärl, felhantering i öltillverkningen, överskott på aromkristaller (Boivin, u.å) eller kalciumoxalatkrystaller (Virkajärvi *et al.* 2017). Detta arbete tar inte upp sekundär gushing.

4.2. Hydrofobiner

De svampmetaboliter som orsakar primär gushing är hydrofobiner, som är en grupp små cysteinrika proteiner som skapas av filamentösa svampar. De väger mellan 7-15 kDa och är mycket stabila i högre temperaturer som t.ex. under mältning och bryggning (Mastanjević *et al.* 2017). Hydrofobiner är inte farliga för människor. Deras funktion hos svampar är att bilda hydrofoba ytor på hyfer, fruktkroppar och sporer. De svampar som i störst mängd bildar hydrofobiner är enligt Wu *et al.* (2017) *Fusarium spp.*, *Nigrospora spp.* och *Trichoderma spp.*. Andra svampar som kan producera hydrofobiner är *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.* (Virkajärvi *et al.* 2017) *Rhizopus spp.* (Mastanjević *et al.* 2017) och *Stemphylium spp.* (Schwarz 2017).

Hydrofobiner delas in i två klasser– klass 1 och klass 2. Klass 1 produceras av svampar inom både Ascomycota och Basidiomycota och är olösliga i vatten, medan klass 2 bara produceras av svampar inom Ascomycota och är lösliga i vatten som innehåller organiskt lösningsmedel (Wu *et al.* 2017). Det krävs bara en liten mängd hydrofobiner, en koncentration på 250 µg/g maltkorn, för att risken för gushing uppstår i öltillverkningen (Sarlin *et al.* 2005). Under ölbryggningen uppstår en interaktion mellan hydrofobiner och koldioxidbubblor, ett elastiskt hydrofobt filmkomplex runt ytan på koldioxidbubblorna, vilket skapar ett explosivt skum (Virkajärvi *et al.* 2017).

4.3. ns-LTP

Hydrofobiner behöver inte vara den enda orsaken till gushing (Sarlin *et al.* 2005). Proteiner av typen ns-LTP (non-specific lipid transfer protein) kan också vara en orsak till att gushing uppstår i bryggeriet (Bokulich & Bamforth 2013; Gorjanović *et al.* 2005; Hippeli & Elstner 2002). Detta protein finns naturligt i växter och är viktigt för bl.a tillväxt, reproduktion och försvar mot både abiotisk och biotisk stress som t.ex syntes av kutin och suberin som skyddar växten (Gorjanović *et al.* 2005). När maltkorn blir infekterat av t.ex svamp bildas ns-LTP som försvar (Bokulich & Bamforth 2013). Ns-LTP tillsammans med protein Z är de proteiner som gemensamt står för den största andelen proteiner i ölskum. Ns-LTP är stabila i höga temperaturer vilket gör att de är stabila under mältning och bryggning (Gorjanović *et al.* 2005). Det råder fortfarande delade meningar om huruvida ns-LTP påverkar gushing i ölbryggning då somliga menar att bara proteiner som är större än ns-LTP från maltkorn har koppling till gushing i öl (Bokulich & Bamforth 2013).

4.4. Metoder att förutse gushing på bryggeriet

Det görs gushingtest på bryggeriet för att bedöma risken för gushing. Dessa tester får kritik då de är tids- och arbetskrävande och därmed ineffektiva om man behöver testa ett stort antal prover. De vanligaste testen är Carlsbergs test av Vaag, modifierad av Astrup och Weihenstephanertestet (Christian *et al.* 2011). Det finns även lokalt utformade gushingtest (s.k ”in house”) i olika bryggerier. En finsk forskargrupp har tagit fram en metod med ELISA (Enzymkopplad immunadsorberande analys) som analyserar risken för gushing genom att mäta mängden hydrofobiner i omätlade och mätlade prover (Sarlin *et al.* 2005; Virkajärvi *et al.* 2017). Det forskas också på att hitta gener som kodar för specifika hydrofobiner som inducerar kraftigare gushing. En undersökning som syftade till att detektera genen *hyd5* med metoden LAMP (loop mediated isothermal

amplification) i både omälat och mälat malkorn visade att det var en effektiv och säker metod att förutse gushing (Denschlag *et al.* 2012).

4.5. Kopplingen mellan DON-halten och gushing

På slutet av 1990-talet gjordes det en amerikansk undersökning av Schwarz *et al* (1996) där det undersöktes om DON-halten och ergosterolhalten var bra analysmetoder för att hitta partier som riskerar att orsaka gushing. Då visste man inte den exakta orsaken till vad som inducerar gushing mer än att *Fusarium spp.* kunde orsaka det. Studien visade att DON-halten tillsammans med ergosterolhalten på malkorn gav en bra förutsägelse för gushing. Men forskarna visste då att det varken var DON eller ergosterol som orsakade gushing (Schwarz *et al.* 1996). *Fusarium graminearum* är en av de vanligaste orsakerna till axfusarios i världen (Sarlin *et al.* 2005), och svampen producerar mykotoxinen DON. I Europa orsakas axfusarios främst av *F. avenaceum*, *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. poae*. Men *F. avenaceum* och *F. poae* producerar inte DON, vilket gör att DON-analyser inte ger tillförlitlig information för att förutsäga risken för gushing (Sarlin *et al.* 2005).

5. Rosa kärnor

Det finns delade meningar om vad som orsakar rosa kärnor i malkorn. Många menar att när kärnorna blir rödfärgade är det ett tecken på svampinfektion orsakat av *Fusarium spp* (Christian *et al.* 2011; Geißinger *et al.* 2017; Habler *et al.* 2018; Virkajärvi *et al.* 2017). Rosa kärnor som har analyserats med PCR har visat sig innehålla mest *Fusarium spp.* jämfört med andra svamparter (Christian *et al.* 2011). Axfusarioser ger symptom på kärnor som då blir rosa- rödfärgade och axet brådmognar (Andersson *et al.* 2015). Geißinger *et al.* (2017) menar att det är möjligt att rosa kärnor kan orsakas av andra mikroorganismer än *Fusarium spp.* I litteraturstudien hittades ingen information om att olika länder beskriver utseendet av rosa kärnor på olika vis.

5.1. Okulär analys av rosa kärnor

Partier med för många rosa malkornskärnor har visat sig ha en koppling till problem med gushing på bryggerier (Christian *et al.* 2011). Därför görs en okulär analys av malkornspartier. Prover som innehåller mer än 0,1% rosa kärnor nedklassas av spannmålsuppköpare redan vid spannmålsleveransen från lantbrukaren (Jonsson, 2017). Detta är en enkel och snabb metod för att förhindra risken att malkorn med reducerad kvalité köps in av spannmålsuppköpare (Habler *et al.* 2018; Virkajärvi *et al.* 2017).

Mitteleuropäische Brautechnische Analyskommission – MEBAK:s regel säger att 5 rosa kärnor per 200 g leder till nedklassning av partiet (MEBAK, u.å). Detta gränsvärde är mycket vanligt på tyska bryggerier (Denschlag *et al.* 2012). I Sverige finns också en teknisk analysmetod utvecklad– Cgrain value TM, där optiska speglar från tre olika vinklar används för att analysera malkornen. Med hjälp av denna metod bedöms om en malkornskärna är rosafärgad (Cgrain AB, 2016).

5.2. Kopplingen mellan *Fusarium spp.* och gushing

Sedan långt tillbaka i historien har ölbryggare vetat om att möjligt spannmål ger dåligt öl och så gott det går undvikit att använda kontaminerad spannmål vid ölbryggningen. *Fusarium spp.* började studeras på 1800-talet och de tidigaste studierna av axfusarios var kopplade till bryggingsproblematik såsom gushing. På 1920-talet visste man att *Fusarium spp.* försämrade groningen under mältningen av malkornen och gushing förekom då mycket oregelbundet på bryggerierna. På 1960-talet fastställdes axfusarioser vara orsaken till gushing på ölbryggerier. Senare kom man genom forskning på att det var protein från *Fusarium spp.*, hydrofobiner, som inducerade gushing. Idag har det visat sig att även hydrofobiner från andra svampar kan inducera gushing (Virkajärvi *et al.* 2017; Sarlin *et al.* 2005; Schwarz 2017). Inte nog med att *Fusarium spp.* orsakar gushing, dessutom reduceras kvalitén på malkornet på andra sätt (Geißinger *et al.* 2017) genom att påverka diverse enzymaktiviteter t.ex. α -amylasaktiviteten och det lösliga kvävet (Hippeli & Elstner 2002). Även groningen av malkornen under mältningen försämras (Beattie *et al.* 1998; Habler *et al.* 2018; Schwarz 2017).

MEBAK (u.å) menar att om det hittas rosa kärnor i ett malkornsparti är dessa rosa kärnor kontaminerade med *F. graminearum* och *F. culmorum* vilket de menar kommer orsaka kraftig gushing. Detta skriver också Virkajärvi *et al.* (2017) som analyserade malkorn kontaminerade av *Fusarium spp.* och kopplingen till gushing i en studie där slutsatsen var att *F. graminearum*, *F. culmorum* och *F. tricinctum* inducerar kraftigast gushing. Dessa arter tillväxte under mältning och gav kraftigast gushing i undersökningen. Boivin, (u.å) undersökte också om det fanns speciella svamparter som påverkade gushing i särskilt hög grad och kom fram till att alla svampar som förekommer i fält kan orsaka gushing men att *F. tricinctum* och *M. nivale* är två allvarligare orsaker till gushing. Författaren menade också att det alltid finns årsvariationer i förekomsten av vissa svampar i växande gröda. Detta påverkar om det kommer uppstå flera fall av gushing på bryggeriet (Boivin, u.å).

5.2.1. Axfusarios livscykel

Många menar att axfusarios är orsaken till rosa kärnor (Christian *et al.* 2011; Geißinger *et al.* 2017; Habler *et al.* 2018; Virkajärvi *et al.* 2017). Axfusarioser orsakas i Sverige av *F. graminearum*, *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. poae* och *M. nivale* och angreppen är vanligast i västra Sverige (Andersson *et al.* 2015; Hörberg, 2001; Karlsson *et al.* 2017).

Många arter inom släktet *Fusarium* kan spridas med både sexuella sporer (ascosporer) och asexuella sporer (konidier). Konidier sprids mest via vattenstänk och ascosporer framförallt med vinden. Varm och fuktig väderlek under blomning är optimala förhållanden för att axfusarios ska uppstå i grödan. Symtom kan sedan ses som små bruna fläckar som sedan ger rosafärgade ax som brådmognar. Svamparna överlever på gamla växtrester i marken och i utsäde (Hörberg, 2001; Karlsson *et al.* 2017).

Microdochium nivale, som också kan orsaka axfusarios, sprids via konidier och ascosporer. Svampen överlever på utsäde och växtrester. Från skörderester kan sporer spridas och smitta höstsådda grödor. Under våren utvecklas fruktkroppar på grödans stråbas och under våren sprids ascosporer som infekterar under blomning vilket ger infekterade ax och kärnor (Olvång, 2000).

5.2.2. Kritik av okulär analys av rosa kärnor

Christian *et al.* (2011) refererar till en undersökning som visat på att mer än 5 rosa kärnor är ett lämpligt gränsvärde som indikerar på en ökad risk för gushing på bryggeriet. Detta undersöktes med modifierat Carlsbergs gushingtest. I denna studie undersöktes även bryggning på kärnor som inte var missfärgade rosa med samma gushingtest, vilket också resulterade i gushing. Det indikerar på att en okulär analys av rosa kärnor inte är fullt tillförlitlig menar Christian *et al.* (2011).

”Metodik för analys vid lägre halter har en högre osäkerhet. Framförallt om en mindre provmängd analyseras. Okulär metodik lider också av viss subjektivitetsproblematik pga variation mellan olika bedömare. En standardiserad metodik med bildanalys reducerar subjektivitetsproblematiken drastiskt samt kan en större provmängd enklare analyseras. Bildanalys med C-grain value har en för ändamålet mycket lämplig modell som med fördel kan användas” (R, Westbom, muntl).

I en tysk studie av Geißinger *et al.* (2017) undersöktes också okulär analys av rosa kärnor som orsakats av *Fusarium spp.* genom att studera malkornsprover som kontaminerats naturligt med diverse mikroorganismer från fält i Europa. I studien hittade man ett samband mellan rosa kärnor och infektion av *F. avenaceum* och *F. tricinctum* men inget samband mellan *F. culmorum* eller *F. graminearum* och rosa kärnor, som också anses vara gushinginducerande. Man hittade också kärnor som inte var missfärgade rosa och som var infekterade med *Fusarium spp.* Författarna menar därför att en okulär analys inte är fullt tillförlitlig för att bedöma förekomst av *Fusarium spp.* på kärnorna. Rosa kärnor kan vara en misstanke på infektion men den bedömer inte den totala infektionen från *Fusarium spp.* Infektion av *Fusarium*

spp. kan ge mycket varierande symtom och behöver inte ge upphov till missfärgade kärnor. Författarna anser att kompletterande analysmetoder bör användas för att förutse risken för gushing. De skriver att det är svårt i praktiken att undersöka om ett malkornprov riskerar att orsaka gushing då dessa metoder är dyra. Författarna refererar också till en studie som visar att symtom orsakade av *Fusarium spp.* är så pass ospecifika på malkorn att det inte är helt omöjligt att missfärgningen på kärnorna kan vara orsakade av någon annan mikroorganism (Geißinger *et al.* 2017).

I en tysk studie av bl.a samma forskare som i ovanstående studie, Habler *et al.* (2018), utfördes även en liknande undersökning där de studerade sambandet mellan rosa kärnor och mykotoxinhalten. Man inokulerade då *F. avenaceum*, *F. culmorum* och *F. graminearum* på malkornskärnor i växthus samt testade kärnor som blivit naturligt kontaminerade i fält från Tyskland. I denna undersökning såg man inga signifikanta resultat, men resultaten visade en trend mellan rosa kärnor innehåll av enniatin (ENN). Vilket tyder på en infektion av *F. avenaceum* eller *F. tricinctum*. Men kärnor som inte var typiskt missfärgade rosa kunde ändå innehålla mykotoxiner som DON och ZEA, vilket visade på att även om malkornskärnan inte var missfärgad kunde den ändå vara infekterad med *Fusarium spp.*

I en fransk studie av Boivin, (u.å) fann man inga signifikanta samband mellan positiva test för gushing av omältat malkorn och positiva test för gushing för mältat malkorn, dvs. omältat malkorn som resulterade i gushing visade i det mältade proverna negativt resultat för gushing. Detta talar för att metoder som baserar sig på att förutse risken för gushing i omältat malkorn inte heller är en säker metod för att förutsäga gushing i mältad vara. Tillväxten av svamp gynnas under mältningen pga. fukt och högre temperatur (Sarlin, 2012). Därför är det mycket viktigt att malkornen lagras under goda förhållanden så att inte svamp tillväxer och kontaminerar malkornen under lagringen (Sarlin, 2012).

6. Resultat från en svensk spannmålshandlare

Jag analyserade kvalitetsdata av malkornsinköp från en svensk spannmålshandlare mellan 2013 och 2018. 2017 var det år då det förekom högst andel partier med rosa kärnor (12%). 2018 var det år det förekom lägst andel partier med rosa kärnor (0,5%) från samlad data av alla regioner i Sverige (tabell 1). Medelvärde av antal rosa kärnor i underkända partier var 0,1–0,3%.

Tabell 1: Andel underkända malkornspartier i alla regioner

Totalt alla regioner	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Andel underkända per år totalt (%)	7	3	7	10	12	0,5

I region syd var det 2017 det förekom störst andel rosa kärnor. Minst problematiskt 2018 (Se tabell 2). Medelvärde av antal rosa kärnor i underkända partier var 0,1–0,3%.

Tabell 2: Andel underkända malkornspartier i södra Sverige

Södra Sverige	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Andel underkända i syd totalt (%)	0,8	3	4	7	12	0,2

I region väst var det mest problematiskt 2017. Åren 2013-2016 var andelen underkända partier mellan 5-10% (Se tabell 3). Medelvärde av rosa kärnor i underkända partier var 0,2-0,4%.

Tabell 3: Andel underkända maltkornspartier i västra Sverige.

Västra Sverige	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Andel underkända i väst totalt (%)	10	8	9	5	17	0,6

I region öst var åren 2015-2017 ungefär lika stor andel underkända med 10-11%. 2014 och 2018 var minst drabbade med 1,4% respektive 0,8% (Se tabell 4). Medelvärde av rosa kärnor i underkända partier var 0,1-0,2%.

Tabell 4: Andel underkända maltkornspartier i östra Sverige.

Östra Sverige	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Andel underkända i öst totalt (%)	5	1,4	10	10	11	0,8

I Mälardalsregionen hade år 2013 störst andel underkända partier (17%) och minst andel underkända partier 2014 och 2018 med 1%. 2015-2017 blev 5-12% partier underkända (Se tabell 5). Medelvärde antal rosa kärnor i underkända partier var 0,1-0,3%.

Tabell 5: Andel underkända maltkornspartier i Mälardalsregionen

Mälardalsregionen	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Andel underkända i Mälardalsregionen totalt (%)	17	1	12	5	10	1

Fler tabeller med andel underkända partier och medelvärden av förekommande rosa kärnor i maltkornspartier för olika regioner finns i Appendix.

7. Åtgärder

7.1. Åtgärder för lantbrukare att minimera förekomsten av rosa kärnor i fält

Idag finns inga direkta rekommendationer för att minska förekomsten av rosa kärnor i växande gröda, men det finns rekommendationer för att minimera förekomsten av *axfusarios* med avseende på att minska mykotoxiner i växande gröda.

7.1.1. Åtgärder för att minimera *axfusarioser* i fält

För att minimera risken att grödan drabbas av *axfusarios* i fält kan lantbrukare i förbyggande arbete gynna god markstruktur genom minskad markpackning och en god dränerad mark och noggrant bearbeta ned växtrester då patogenerna överlever på växtrester. Friskt utsäde och en varierad växtföljd är viktigt då förfrukter som majs eller stråsäd ökar risken att uppföröka patogenerna. Regn och fuktigt väder under blomningen kan öka risken för *axfusarios* (Hörberg 2001; Jordbruksverket, 2017).

Att göra fungicidbehandling vid behov är en åtgärd för att minska risken för infektion av *Fusarium spp.* Försök med fungicider visade inget rakt svar. Det viktiga i detta var vilken förfrukt grödan hade och att fungiciden sprutas vid rätt tillfälle för att ge bäst effekt (Havlová *et al.* 2006). Vissa studier har visat på att fungicidbehandling kan stimulera svampen att öka sin produktion av hydrofobiner i svampens reaktion för att öka ytkontakt mellan svamp och gröda (Mastanjević *et al.* 2017).

7.1.2. Tröskning

I en slovakisk undersökning studerades skördedatumets påverkan av grobarheten och symtom på kärnorna (svarta och rosa kärnor) av svampinfektion. På rosa kärnor dominerades svampfloran av *Microdochium spp.* och *Fusarium spp.* *Fusarium avenaceum* var den mest dominerande arten både vid de prover som tröskats i tid och de som tröskats sent. Resultatet blev en mindre gröningskapacitet av de rosa

kärnorna från alla platser i försöket och alla år. Det kunde variera från år till år men bättre groning vid vanlig skördetid än sen skördetid. Forskarna trodde detta berodde på att den kraftiga infektionen förstörde kärnan. *Fusarium spp.* dominerade i kärnor med dålig kvalitet. Groningen visade en ökad tendens från rosa kärnor jämfört med svarta kärnor. Slutsatsen från undersökningen var att sen tröskning i malkorn ökade andelen missfärgade kärnor, minskade groningskapaciteten hos både svarta och rosa kärnor och ledde till en högre förekomst av svampangrepp på kärnorna (Hudec, 2007). Gushing på bryggeriet ska också ha koppling till regnig väderlek under skördetiden, vilket därför bör bevakas (Virkajärvi *et al.* 2017).

7.1.3. Lagringsförhållanden

Under lagringen ska man ha koll på "lagringssvamparna" *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.* samt *Rhizopus spp.* så att de inte kontaminerar malkornen. Under mältningen kan dessa tillväxa (Hippeli & Elstner 2002). Lång lagringstid kan minska överlevanden för *Fusarium spp.* men lagringsförhållanden måste vara goda, annars kan lagringssvamparna orsaka gushing (Boivin, u.å; Sarlin, 2012). En metod kan vara att lagra malkornen längre, vilket gör att svampars förmåga att bilda hydrofobiner minskar hos de svampar som kan producera hydrofobiner (Mastanjević *et al.* 2017). Beattie *et al.* (1998) undersökte lagringstidens påverkan på fusariumsvampars mykotoxinproduktion och kom fram till att högre temperaturer under lagringen minskade förmågan hos *Fusarium spp.* att producera mykotoxiner. De stammar som producerade mykotoxiner minskade snabbare jämfört med stammar som inte skapade mykotoxiner. Efter att malkornet var lagrat 7 månader i 24 grader minskade både *Alternaria spp.* och *Fusarium spp.* signifikant. Men malkornet var fortfarande kontaminerat med mögelsvampar. Författarna skriver att *Fusarium spp.* tappar förmågan att producera mykotoxiner under groningen i mältningen när de lagrats så länge. De skriver också att det inte är ekonomiskt försvarbart att lagra malkorn under sådana förhållanden (Beattie *et al.* 1998).

Ett av de viktigaste kvalitetskraven på malkorn är en hög grobarhet i mältningen (CG, Pettersson, muntl.; Riis, 1992). Grobarheten i malkornen förstörs lätt under dåliga lagringsförhållanden. Ju högre temperatur under lagring och ju högre vattenhalt malkornen har, desto sämre blir hållbarheten. Låg temperatur samt låg vattenhalt under lagring ger längre hållbarhet (Riis, 1992).

7.2. Åtgärder i bryggeriet för att minimera risken för gushing

Den bästa åtgärden för att minska risken för gushing är att inte få in infekterat malkorn på bryggeriet (Geißinger *et al.* 2017; Mastanjević *et al.* 2017). Försök har visat att man också genom att tillsätta svampen *Wickerhamomyces anomalus* (Virkajärvi *et al.* 2017) eller *Pichia anomala* (Sarlin, 2012) i stöpningsvatten kan stoppa tillväxten av *Fusarium spp.* under mältningen, vilket minskar hydrofobinproduktionen från *Fusarium spp.* Att tillsätta *Geotrichum candidum* eller *Lactobacillus plantarum* i stöpningsvattnet kan också motverka tillväxten av *Fusarium spp.* (Bokulich & Bamforth 2013).

8. Diskussion

8.1. Gushing

I litteraturundersökningen som gjorts var det lätt att hitta information och forskningsartiklar om gushing och vad som orsakar det. Det verkar vara ett mycket aktuellt ämne. Både ascomyceter och basidomyceter kan producera hydrofobiner som kontaminerar malkorn både i växande gröda på fält och under lagring. Under mältningen kan dessa tillväxa och orsaka gushing. Det är också möjligt att proteinet ns-LTP orsakar gushing, men det råder delade meningar kring detta. Kan det vara så att dessa proteiner hänger samman i gushinginduceringen? Ns-LTP uttrycks vid försvar mot stress i växten vid t.ex. en svampinfektion. Det används i bildningen av suberin och kutin som utgör ett skyddande yttre skikt på växter. Hydrofobiner är till för att skapa vattenavstötande hyfer, fruktkroppar och sporer vilket i sin tur ökar förmågan att sprida sig och överleva. Hydrofobiner och ns-LTP har ett likande syfte i både svampar och växter.

Vissa menar att vissa svampars hydrofobiner orsakar en kraftigare gushing, t.ex. *Fusarium spp.* Ingen källa har någon förklaring till varför det är så. Om det kan analyseras vilka olika klasser av hydrofobiner eller om hydrofobiner av olika svampar kan särskiljas och visar sig ha olika påverkan på gushing hade detta varit intressant att utveckla.

Det finns metoder att analysera risken för gushing på bryggeriet, men dessa metoder verkar inte heller vara helt tillförlitliga. Att analysera DON-halten tillsammans med ergosterolhalten som förutsägelse för gushing visade sig inte vara en tillförlitlig analys för gushing då analysen inte undersöker alla orsaker till gushing. De biokemiska analyserna som använder tekniken LAMP identifierar specifika gener och ELISA protein från hydrofobiner i malkornsprover. Detta kan med större säkerhet göra att man hittar malkornspartier som ger större risk för gushing. Eftersom mycket kan hända under lagring och mältning är ett prov som görs tidigt i inköpsprocessen inte heller helt tillförlitlig. Med mer utveckling kan säkert dessa metoder utvecklas till billigare analyser som kan mäta hydrofobinhalten på malkorn och användas av spannmålshandlare, på mälteriet och bryggerier.

Åtgärder som att tillsätta mikroorganismer under mältningen för att minimera risken för gushing kanske kan påverka andra kvalitetsparametrar i bryggningsprocessen som färg och smak, vilket heller inte är bra. Därför bör detta undersökas noga.

8.2. Koppling mellan rosa kärnor och gushing samt analysmetoder av rosa kärnor

Det var svårt att hitta information om rosa kärnor från vetenskapliga artiklar. Många artiklar hade koppling till *Fusarium spp.* Det råder olika uppfattningar om vad som orsakar rosa kärnor. Särskilt internationellt anses rosa kärnor vara orsakat av axfusarios, men det finns de som menar att det inte behöver vara så, att det kan vara annan orsak. PCR-analyser har visat på att rosa kärnor innehåller fler fusariumarter jämfört med vanliga kärnor. Geißinger *et al.* (2017) skriver att det kan vara orsakat av axfusarios men också att det kan vara orsakat av andra mikroorganismer. Det behövs mer forskning om vad den riktiga orsaken är så att man kan hitta åtgärder mot problemet.

Okulär analys av rosa kärnor är den första undersökningen som görs för att analysera ett maltkornsparti för att inte riskera att man köper in ett parti som kan orsaka gushing. Det finns också belägg för att ej missfärgade kärnor kan vara infekterade med *Fusarium spp.* och även orsaka gushing på bryggerier. Det borde därför vara hydrofobinerna från *Fusarium spp.* som orsakar gushing eller hydrofobiner från annan svamp. Hydrofobinerna kan produceras av olika svampar både från svampar från fält men också från svampar som infekterat under lagringen om lagringsförhållanden varit dåliga. Dessa kan tillväxa under mältning. Därför kan både rosa kärnor och kärnor utan missfärgning orsaka gushing. Att okulärt analysera rosa kärnor inkluderar inte alla orsaker till gushing, så även om en kärna inte är rosa kan den t.ex. vara kontaminerad med *Aspergillus spp.* som producerar hydrofobiner. Vissa menar att *Fusarium spp.* skapar starkare gushing. Wu *et al.* (2017) skriver att *Fusarium spp.* skapar kraftigare hydrofobiner med påverkan på gushing. Varför det är så framkom inte, men det skulle vara intressant att veta mer om. I så fall kan man utesluta vissa svampar och göra test som analyserar vissa hydrofobiner som är ”farligare” i bryggningen.

En avgränsning i detta arbete var att mykotoxiner inte analyserades eller ingick i litteraturstudien, men flera av dessa studier bedömde även kärnor som varit kontaminerade av *Fusarium spp.*, vilket har koppling till förekomst av rosa kärnor. Geißinger *et al.* (2017) och Habler *et al.* (2018) som utvärderat den okulära analysen med bakgrunden att *Fusarium spp.* orsakat missfärgade symtom på

kärnorna menade på att detta inte är en fullt tillförlitlig analys för att bedöma rosa kärnor som orsakats av *Fusarium spp.* som sedan kan orsaka gushing på bryggeriet. Habler *et al.* (2018) analys var att bedöma rosa kärnor med syftet att utesluta malkorn kontaminerat med mykotoxiner. Detta ger ytterligare ett argument att okulär analys inte är fullt tillförlitlig. Dessa artiklar var från Tyskland vilket också måste tas i beaktning då förhållanden i undersökningen inte nödvändigtvis representerar svenska förhållanden. Det hittades dock ingen signifikans i dessa undersökningar, vilket bör beaktas.

Undersökning av Boivin, (u.å) visade signifikanta skillnader i antalet prover mellan omätlade prover som sedans mätats som resulterade i gushing. Därför tyder denna undersökning inte heller på att en tidig analys är tillförlitlig för att minimera risken för gushing. Om det görs en okulär analys av rosa kärnor vid spannmålsleverans så kan mycket hända under mältning, som svamptillväxt. Detta talar också för att den tidiga okulära analysen av rosa kärnor som görs vid spannmålsmottagningarna inte är fullt tillförlitlig för att minimera risken för gushing.

Både Hudec, (2007) och Geißinger *et al.* (2017) fann att rosa kärnor har visat en trend att innehålla *F. avenaceum*. Habler *et al.* (2018) hittade en koppling mellan fusariumtoxinen ENN och rosa kärnor. ENN produceras av *F. avenaceum* och *F. tricinctum*. Geißinger *et al.* (2017), MEBAK, (u.å) och Virkajärvi *et al.* (2017) menar att det är andra fusariumarter som *F. culmorum* och *F. graminearum* kan inducera kraftigare gushing, vilket då motsäger att okulär analys av rosa kärnor som har starkas koppling till förekomst av *F. avenaceum* skulle vara en bra analysmetod för att förutsäga risken för gushing. Boivin, (u.å) menar också att *M. nivale* och *F. tricinctum* är de svamparter som orsakar kraftigast gushing. Rosa kärnor är en indikator på ENN och skulle kunna visa på *F. tricinctum*. Annars betyder det att rosa kärnor inte är fullt tillförlitlig metod att analysera de fusariumarter som orsakar kraftigare gushing.

8.3. Vilka regioner i Sverige är särskilt påverkade av rosa kärnor och årsvariationer?

Enligt min analys från en svensk spannmålshandlare kan inga slutsatser dras helt och hållet då analysen inte omfattar alla lagerhus i Sverige och inte heller norra Sverige. Analysen borde med säkerhet visa årsvariationer av rosa kärnor i de regioner som undersöktes. 2017 var ett år med mycket rosa kärnor från spannmålshandlaren. 2018 var ett år med minst förekomst av rosa kärnor över alla regioner som undersöktes. Översiktliga slutsatser från analysen visade sig att det

inte skiljer sig så mycket mellan regionerna, vilket skulle tyda på att problemet med rosa kärnor är lika besvärligt från Sydsverige till Mälardalsregionen.

Medelvärden av rosa kärnor som förekom i de underkända partierna visade sig vara nära gränsvärdet 0,1–0,3% i den totala sammanställningen av alla regioner. Frågan är hur lämpligt gränsvärdet är för rosa kärnor och gushing då Christian *et al.* (2011) menar på att gushing även uppstår då kärnorna inte är typiskt rosa.

Om de flesta nedklassade malkornspartierna har ett medelvärde på 0,2% rosa kärnor skiljer det inte mycket från gränsvärdet 0,1%. Region väst hade högst medelvärden rosa kärnor i underkända partier med 0,2–0,4%, vilket innebär att här hittades det fler rosa kärnor. Region öst och Mälardalsregionen hade lägre förekomst av rosa kärnor med medelvärden i underkända partier på 0,1–0,2%. Här förekom det inte särskilt mycket rosa kärnor. Många partier som blivit underkända låg nära gränsvärdet.

En felkälla med denna analys är också att spannmålen kan flyttas till andra spannmålmottagningar på andra orter så det behöver inte betyda med 100% säkerhet att allt malkorn på spannmålmottagningarna har ursprung från området där det rapporterats. Om man skulle kunna spåra varje malkornsparti och studera väderdata från fält skulle man kunna koppla ihop väder och odlingsmetoder. Detta skulle vara till hjälp i rådgivningen för att kunna ta fram odlingsåtgärder som minskar förekomsten av rosa kärnor i malkorn.

8.4. Vilka fältförhållanden eller odlingsmetoder påverkar förekomsten av rosa kärnor och vilka är de bakomliggande biologiska förklaringarna?

Majoriteten av den information som litteraturstudien omfattat har refererat till att *Fusarium spp.* orsakar rosa kärnor. Axfusarioser kan ge symtom på rosa ax vilket kan vara orsaken till rosa kärnor. Rosa kärnor har analyserats med PCR och då visat sig innehålla mest *Fusarium spp.* Utifrån denna slutsats finns det mycket forskning och rekommendationer för odlingsåtgärder som kan förhindra infektion av *Fusarium spp.* på växande grödor i fält. T.ex. gynnas *Fusarium spp.* av blöt väderlek för att sprida sina ascosporer och konidier samt minimerad bearbetning där sporer kan överleva på växtrester. Dataanalysen visade att 2018 (med en torr sommar) förekom väldigt lite rosa kärnor vilket skulle antyda att rosa kärnor missgynnas av torka.

Försök med fungicider har visat sig ge varierande resultat då det till och med kan stimulera produktionen av hydrofobiner och därmed ge motsatt effekt. Enligt

studien av Hudec, (2007) bör man tröska i så god tid som möjligt för att minimera rosa kärnor då fler rosa kärnor förkommer med sen tröskning. Att lagra malkornen länge kan försämra tillväxten av *Fusarium spp.* men med nackdel att detta kan bli en dyr lagringskostnad. Det finns också risk för att vissa lagringsvampar kan tillväxa om det är dåliga lagringsförhållanden i lagringssilon. T.ex. kan *Aspergillus spp.* och *Penicillium spp.* producera hydrofobiner som sedan kan inducera gushing under ölbryggning. Malkornens grobarhet är också ett viktigt kvalitetskrav och är temperaturen för hög under lagringen kommer detta missgynna grobarheten. Undersökningen från Beattie *et al.* (1998) visade att en hög lagringstemperatur kunde minska tillväxten av *Fusarium spp.* på malkornskärnor. Vid val av en hög lagringstemperatur måste man samtidigt tänka på att detta missgynnar grobarheten. Det är många aspekter man måste tänka på för att malkornen ska hålla god kvalité.

Men det finns de som menar att det kan vara andra orsaker till rosa kärnor men detta har litteraturundersökningen hittat minimal information om detta. Det finns heller inte information om vilka odlingsåtgärder som skulle minimera förekomsten av rosa kärnor på grund av andra orsaker.

8.5. Inom vilka områden behövs det mer forskning och utvecklingsarbete?

Det bör göras undersökningar om det finns skillnader av olika svampars hydrofobiner som orsakar gushing och om det finns fler orsaker så som proteiner ns-LTP. Undersökningar om nya analysmetoder kan användas som kan ge säkrare resultat för att förutsäga gushing behövs både av spannmålshandlare, mälterier och bryggerier. Kan det göras åtgärder på mälterier och bryggerier så att det tillsätts mikroorganismer som stoppar hydrofobinproduktionen? I så fall skulle gränsvärdet för andelen rosa slopas då problemet kan åtgärdas.

9. Slutsats

Hydrofobiner som produceras av diverse filamentösa svampar är orsaken till gushing som uppstår i ölbryggerier. Försvarsproteinet ns-LTP som produceras naturligt av växter kan också vara en orsak till gushing men det råder i nuläget osäkerheter kring detta. För att undvika gushing görs en okulär stickprovskontroll av rosa kärnor vid spannmålsuppköp. Det finns en viss koppling mellan rosa kärnor och gushing. Av de forskare som undersökt okulära analysmetoder av rosa kärnor menar vissa att detta kan vara en mindre tillförlitlig metod för att förutse gushing och bedömning av fusariumangrepp. Dessa undersökningar visade dock inga signifikanta skillnader vilket bör beaktas.

Det råder fortfarande delade meningar om ifall det är *Fusarium spp.* som orsakar rosa kärnor eller något annat. Om *Fusarium spp.* orsakar de rosa kärnorna finns det rekommendationer kring hur lantbrukare bör minimera risken för infektion och sjukdom i växande gröda. Rosa kärnor i perspektivet att det inte orsakas av *Fusarium spp.* finns det ingen information att ta del av för vilken biologi som förklarar eller hur lantbrukare ska minimera förekomst i växande gröda, då förekomsten tycks vara slumpartad. Rosa kärnor förekommer ungefär lika mycket i alla regioner som undersöktes. Det finns inga stora skillnader. 2017 förekom rosa kärnor som mest i de regioner som undersöktes och 2018 förekom rosa kärnor som minst.

Det behövs mer forskning om orsakerna till rosa kärnor. Och om det finns skillnader i hydrofobiners inducering till gushing och hur proteinet ns-LTP påverkar gushing. Mer utveckling om teknik som biokemiska analyser kan undersöka förekomst av gushinginducerande proteiner med säkrare resultat som sedan kan utvecklas för att användas av spannmålshandlare, mälterier och bryggerier. Det behövs också mer forskning om mikroorganismer som kan tillsättas under mältning och bryggning för att stoppa svampars hydrofobinproduktion.

Referenser

Andersson, L., Vimarlund, L., Andersson, G. & Arvidsson, A. (2015). *Skadegörare i jordbruksgrödor*. Jönköping: Jordbruksverket.

Beattie, S., Schwarz, P.B., Horsley, R., Barr, J. & Casper, H.H. (1998). The Effect of Grain Storage Conditions on the Viability of *Fusarium* and Deoxynivalenol Production in Infested Malting Barley. *Journal of Food Protection*, vol. 61 (1), ss. 103–106 Allen Press. DOI: <https://doi.org/10.4315/0362-028X-61.1.103>

Bokulich, N.A. & Bamforth, C.W. (2013). The Microbiology of Malting and Brewing. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, vol. 77 (2), ss. 157–172 American Society for Microbiology. DOI: <https://doi.org/10.1128/MMBR.00060-12>

Boivin, P. Tool for Predicting the Risk of Gushing on Malt, Barley and From Harvest to Come. Institut Francais de la Brasserie et del Malterie. Vandoeuvre-lès-Nancy, France.

Tillgänglig: <http://www.ifbm.fr/assets/public/publications/Tooformpredictingtheriskofgushing.pdf> [2020- 03-31]

Cgrain. (2016). *Using CgrainTM Value to test Malting Barley Quality*. Tillgänglig:

<https://www.cgrain.se/pdf/Malting%20Barley%20Quality%20Poster%20m%20copywrite.pdf> [2020-05-24]

Christian, M., Titze, J., Ilberg, V. & Jacob, F. (2011). Novel Perspectives in Gushing Analysis: A Review. *Journal- Institute of Brewing*, vol. 117, ss. 295–313

Denschlag, C., Vogel, R.F. & Niessen, L. (2012). Hyd5 Gene-based Detection of the Major Gushing-inducing *Fusarium* spp. in a Loop-mediated Isothermal Amplification (LAMP) Assay. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 156 (3), ss. 189–196. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2012.03.009>

Geißinger, C., Hofer, K., Habler, K., Heß, M., Hückelhoven, R., Rychlik, M., Becker, T. & Gastl, M. (2017). *Fusarium* Species on Barley Malt: Is Visual Assessment an Appropriate Tool for Detection? *Cereal Chemistry*, vol. 94 (4), ss. 659–669. DOI: <https://doi.org/10.1094/CCHEM-08-16-0212-R>

Gorjanović, S., Spillner, E., Beljanski, M.V., Gorjanović, R., Pavlović, M. & Gojgić- Cvijanović, G. (2005). Malting Barley Grain Non-specific Lipid-Transfer Protein (ns-LTP): Importance for Grain Protection. *Journal of the Institute of Brewing*, vol. 111 (2), ss. 99–104. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2005.tb00654.x>

Habler, K., Moghari, S. & Rychlik, M. (2018). Analysis of *Fusarium* Toxins in Single Barley Malt Kernels. *Journal of Analysis and Testing*, vol. 2 (2), ss. 124–137. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41664-018-0057-5>

Havlová, P., Lancová, K., Vánová, M., Havel, J. & Hajslová, J. (2006). The Effect of Fungicidal Treatment on Selected Quality Parameters of Barley and Malt. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 54 (4), ss. 1353–1360

Hippeli, S. & Elstner, E.F. (2002). Are Hydrophobins and/or Non-Specific Lipid Transfer Proteins Responsible for Gushing in Beer? New Hypotheses on the Chemical Nature of Gushing Inducing Factors. *Zeitschrift für Naturforschung C*, vol. 57 (1–2), ss. 1–8 De Gruyter. DOI: <https://doi.org/10.1515/znc-2002-1-201>

Hudec, K. (2007). Influence of Harvest Date and Geographical Location on Kernel Symptoms, Fungal Infestation and Embryo Viability of Malting Barley. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 113 (2), ss. 125–132 Amsterdam: Elsevier Science Bv.

Hörberg, H. (2001). *Fusarium-svampar i stråsåd*. Sveriges Lantbruksuniversitet. Tillgänglig: https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/ekol/faktablad/faktablad-vaxtskydd/faktablad_om_vaxtskydd_103j.pdf [2020-05-09]

Jonsson, H. (2017). Krafttag mot skalskador i malkorn. *Grodden*. Nr 5-6 ss. 22-24. Tillgänglig: https://www.lantmannen.se/siteassets/documents/04-vara-agare/grodden/grodden-2017/grod_5-6_low.pdf [2020-04-27]

Jordbruksverket. (2017). *Fusarium - rekommendationer för att minimera fusariumtoxinerna DON och ZEA i spannmål 2017*. Tillgänglig: <http://www2.jordbruksverket.se/download/18.3db40d0c15c1952be6bbc16d/1495187359549/ovr313v4.pdf> [2020-05-24]

Karlsson, I., Friberg, H., Kolseth, A.-K., Steinberg, C. & Persson, P. (2017). Agricultural Factors Affecting *Fusarium* Communities in Wheat Kernels. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 252, ss. 53–60. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.04.011>

Mastanjević, K., Mastanjević, K. & Krstanović, V. (2017). The Gushing Experience—A Quick Overview. *Beverages*, vol. 3 (2), s. 25 Multidisciplinary Digital Publishing Institute. DOI: <https://doi.org/10.3390/beverages3020025>

Mastanjević, K., Krstanović, V., Mastanjević, K. & Sarkanj, B. (2018). Malting and Brewing Industries Encounter *Fusarium* spp. Related Problems. *Fermentation*, vol. 4, s. 3

MEBAK. (2020). *Analyser av MEBAK*.
Tillgänglig: <https://www.mebak.org/img/leseprobe.pdf> 2020-04-02]

Olvång, H. (2000). *Snömögel*. Sveriges Lantbruksuniversitet.
Tillgänglig: https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/ekol/faktablad/faktablad-vaxtskydd/faktablad_om_vaxtskydd_34j.pdf [2020-05-24]

Riis, P. (1992). *Vitalitet og dormancy to vigtige egenskaber ved malkorn*. Carlsberg Research Laboratory Malting & Brewing.

Sarlin, T. (2012). Detection and Characterisation of *Fusarium* Hydrophobins Inducing Gushing in Beer [Oluen ylikuuhuntaa aiheuttavien *Fusarium*-hydrofobiinien osoittaminen ja karakterisointi]. vol. 2012, s. 148

Sarlin, T., Nakari-Setälä, T., Linder, M., Penttilä, M. & Haikara, A. (2005). Fungal Hydrophobins as Predictors of the Gushing Activity of Malt. *Journal of the Institute of Brewing*, vol. 111

Schwarz, P.B. (2017). *Fusarium* Head Blight and Deoxynivalenol in Malting and Brewing: Successes and Future Challenges. *Tropical Plant Pathology*, vol. 42 (3), ss. 153–164. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40858-017-0146-4>

Schwarz, P.B., Beattie, S. & Casper, H.H. (1996). Relationship Between *Fusarium* Infestation of Barley and the Gushing Potential of Malt. *Journal of the Institute of Brewing*, vol. 102 (2), ss. 93–96. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1996.tb00899.x>

Sveriges bryggerier. (2020). *Att tillverka öl*.

Tillgänglig <https://sverigesbryggerier.se/vara-drycker/ol/> [2020-06-04]

Virkajärvi, V., Sarlin, T. & Laitila, A. (2017). *Fusarium* Profiling and Barley Malt Gushing Propensity. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, vol. 75 (3), ss. 181–192. DOI: <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-2017-3321-01>

Wu, Y., Li, J., Yang, H. & Shin, H.-J. (2017). Fungal and Mushroom Hydrophobins: A review. *Journal of Mushroom*, vol. 15, ss. 1–7

Tack

Tack till mina handledare Hanna Friberg, CG Pettersson och Björn Andersson för all hjälp under uppsatsskrivningen.

Tack till spannmålshandlaren som låtit mig ta del av anonym data om rosa kärnor i malkorn för att kunna utföra en dataanalys. Och tack till andra medarbetare på företaget som ställt upp för frågor.

Tack till min mamma Kristin som stöttat under kandidatskrivandet mitt i coronapandemin.

Appendix

Tabell 6: Samlade resultat av data från en svensk spannmålshandlares malkornspartiter från södra Sverige

Södra Sverige	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Medelvärde av alla rosa kärnor av alla partier	0,01	0,02	0,01	0,03	0,07	0,01
Medelvärde rosa kärnor av alla underkända partier	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,1
Andel underkända i syd totalt (%)	0,8	3	4	7	12	0,2

Tabell 7: Samlade resultat av data från en svensk spannmålshandlares malkornspartiter från västra Sverige

Västra Sverige	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Medelvärde av alla rosa kärnor från alla partier (%)	0,02	0,04	0,03	0,04	0,1	0,004
Medelvärde rosa kärnor av alla underkända partier (%)	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,2
Andel underkända i väst totalt (%)	10	8	9	5	17	0,6

Tabell 8: Samlade resultat av data från en svensk spannmålshandlares malkornspartiter från östra Sverige

Östra Sverige	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Medelvärde av rosa kärnor av alla partier	0,02	0,01	0,04	0,04	0,05	0,004
Medelvärde rosa kärnor av alla underkända partier	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1
Andel underkända i öst totalt (%)	5	1,4	10	10	11	0,8

Tabell 9: Sammanställning av data från en svensk spannmålshandlares malkornspartiter från Mälardalsregionen

Mälardalsregionen	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Medelvärde av alla rosa kärnor av alla partier (%)	0,1	0,01	0,1	0,1	0,05	0,005
Medelvärde rosa kärnor av alla underkända partier (%)	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
Andel underkända i Mälardalen totalt (%)	17	1	12	5	10	1

Tabell 10: Sammanställning av data från en svensk spannmålshandlares malkornspartiter från alla regioner

Totalt alla regioner	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Medelvärden rosa kärnor av alla partier i Sverige (%)	0,04	0,01	0,03	0,04	0,06	0,003
Medelvärden rosa kärnor av alla underkända i Sverige (%)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1
Andel underkända per år totalt (%)	7	3	7	10	12	0,5